UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA
CORRIENTES, REPÚBLICA ARGENTINA

BONPLANDIA

Tomo II Junio de 1967 Nº 11

ABSORCION FOLIAR

Por G. A. ORIOLI [1]

Las plantas absorben normalmente los elementos nutritivos por las raíces. Sin embargo, se ha demostrado que la parte aérea es también capaz de desempeñar esta función. Aunque la nutrición foliar no llegara a reemplazar a las aplicaciones al suelo como práctica general, todavía sería de gran utilidad para solucionar ciertos problemas como la deficiencia de ciertos elementos menores, o para suministrar complementos nutritivos en etapas críticas del desarrollo de las plantas.

A pesar de que según Wittwer (52) ya en 1803 se aplicaban elementos nutritivos al follaje, esta técnica sólo adquirió cierta importancia en los últimos años con el uso de fertilizantes muy solubles, herbicidas selectivos y reguladores de crecimiento.

El hecho de que las sustancias aplicadas a las hojas sean absorbidas por las plantas, hace que nos preguntemos en qué forma entran y cómo se trasladan. Según Barinov (2), aparentemente la entrada de una sal puede tener lugar en forma tanto iónica como molecular. Biddulph (6) cree que primeramente ocurre la adsorción de los iones a los coloides de la pared celular y luego sigue la absorción activa por los constituyentes protoplasmáticos. El plasmalema sería la primera barrera a través de la cual los iones son conducidos, posiblemente ligados a sustancias parcialmente específicas para cierto ión, o iones congéneres. Desafortundamente, opina este mismo autor, se carece

[1] Ing. Agr., Magister Agriculturae, Jefe de Trabajos Prácticos de Fisiología Vegetal, Técnico del Instituto de Botánica Aplicada, Facultad de Agronomía y Veterinaria, de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.

todavía de suficiente información para determinar si la absorción foliar ocurre en forma semejante o diferente a la radical, debido a diferencias en extensión y morfología de las superficies absorbentes.

Por su parte Wittwer y Teubner (53) dicen que tanto el intercambio como la absorción activa pueden predominar durante la absorción foliar de aniones como sulfato, fosfato y cloruro. En cambio la rápida velocidad de absorción y reversibilidad, conjuntamente con alguna dependencia del pH, sugieren que en la absorción de cationes como sodio, potasio, calcio y magnesio, el intercambio iónico es el proceso más importante. Aclaran que los datos son muy escasos e incompletos, lo que determina que el conocimiento actual sobre la absorción foliar tenga aún muchas lagunas.

Son varios los factores externos e internos que influencian la absorción foliar:

1. *Angulo de contacto del líquido con la superficie de la hoja.* La mojabilidad de un líquido es función del ángulo de contacto, el cual depende de la tensión superficial y naturaleza de la superficie a mojar. Así, un aumento en la mojabilidad de un líquido asperjado puede resultar en un incremento de la absorción como consecuencia directa al aumento en área tratada. Una de las maneras de provocar este aumento es el uso de humectantes. La efectividad de éstos ha sido muy discutida. Muchos investigadores han encontrado resultados positivos (11, 18, 19, 28, 29), en cambio otros han demostrado que esto no siempre es cierto (4, 13, 27, 43, 44, 56). La razón para tanta controversia quizá se deba a las condiciones en que fueron ejecutados estos estudios, pues tanto la composición de las soluciones asperjadas como la clase de humectante, la especie vegetal y las condiciones ambientales, variaron de un experimento a otro.

2. *Punto de penetración de los nutrientes en las hojas.* Hasta la fecha no se ha definido claramente si la entrada de los nutrientes a la hoja es a través de los estomas (7, 9, 35, 39) o de la cutícula (12, 25, 27, 33, 39, 40, 47, 48). A la luz de los trabajos realizados al respecto, es posible concluir que las dos vías son utilizadas en mayor o menor grado, dependiendo de la estructura anatómica de la hoja en referencia (13, 15, 16). Es sabido que las especies vegetales difieren mucho entre sí en cuanto a la cantidad de estomas por unidad de superficie, grosor de la cutícula, presencia de cera, pubescencia, etc., y que muchas veces hay diferencias entre la cara superior e inferior de una misma hoja.

3. *Temperatura, humedad y luz.* Si una parte de la absorción foliar se lleva a cabo por medio de los estomas y el resto por la cutícula, es lógico pensar que los factores ambientales como temperatura, humedad y luz ejerzan una influencia distinta de acuerdo con el proceso sobre el cual actúan.

Algunos investigadores afirman que la hoja absorbe más en la luz que en la oscuridad, y que la absorción aumenta proporcionalmente con la intensidad lumínica ([20, 21, 24, 30, 32, 44]). Otros autores afirman que el efecto de la luz no tiene importancia ([11]) o que más bien depende de la duración de la exposición de las plantas a la luz o a la oscuridad ([43]).

La disminución que se experimenta en la absorción y transporte de nutrientes aplicados foliarmente en la oscuridad, puede ser resultado de una reducción del contenido de carbohidratos en la hoja. Pruebas realizadas para aclarar este punto mostraron que la adición de azúcares a las soluciones asperjadas, tuvo en ciertos casos resultados positivos ([20, 47, 54, 55]) o erráticos ([4, 11, 44, 49]), pero generalmente la sucrosa incrementó la absorción y transporte.

La humedad relativa tiene gran influencia sobre la absorción foliar, de tal manera que la eficiencia es mayor cuando la humedad es alta ([11, 25, 31, 47, 49]). Es posible que el efecto de la humedad sea sólo el de retrasar el secado de la solución asperjada ([31, 47]) o bien que aumente el contenido hídrico de la hoja al disminuir la transpiración.

Acerca del efecto de la temperatura se ha encontrado que la absorción y el transporte aumentan directamente con la temperatura desde 10 a 21° C ([44]). Los valores de Q_{10} para absorción y transporte son mayores que 2 a temperaturas de 10° C ([31, 35]), indicando que ciertos procesos metabólicos no son muy activos a bajas temperaturas.

Sebioka ([41]) ha encontrado que la temperatura óptima del aire para la absorción foliar es de 30° C. Según Pallas ([35]) el efecto de la temperatura es limitado por la humedad relativa, debido a que ambos factores afectan el funcionamiento de los estomas. Por ejemplo al estudiar la absorción del 2,4-D entre 20 y 30° C, encontró que el Q_{10} fue de 1.5 si la humedad relativa era de 34-48 %, mientras que a 70-74 % el Q_{10} subió a 4.

4. *Composición química de la solución.* La forma química en que un elemento es aplicado, determina hasta cierto punto la eficiencia con que éste es absorbido. Se han encontrado diferencias en la absorción de un mismo elemento de acuerdo con la especie química. Se-

gún Koontz y Biddulph ([27]) el fosfato monosódico y fosfato dipotásico son los compuestos de fósforo más rápidamente absorbidos(en ese orden), debido posiblemente a que no cristalizan tan rápidamente como las sales de Na, K y NH_4. La adición de compuestos de calcio o sal de Epson a soluciones de urea, sulfato de zinc o sulfato de cobre provoca la cristalización en la superficie foliar, lo cual retarda la absorción ([14, 36, 37, 38]). Se ha comprobado que la reducción en la efectividad de algunas soluciones hechas con aguas duras, es debida a la presencia de cationes, principalmente Ca^{++} ([50]).

Siendo que el ion acompañante también puede ser absorbido por la hoja, puede ocurrir que haya una interacción entre éste y el nutrimento en estudio, la cual puede ser positiva o negativa, dependiendo de que ambos iones sean metabolizados o no.

Otro factor que influye en la absorción es el pH. Para los fosfatos se ha encontrado que los valores entre 2 y 3 son los mejores ([25, 43–, 44, 51]). Al respecto, la acción del pH ha sido explicada diciendo que a valores bajos penetran moléculas no disociadas de PO_4H_3, o bien que hay un intercambio entre $PO_4H_2^-$ y PO_4H^{--}. Una alternativa sería que la reacción del medio tenga algún efecto sobre la permeabilidad de la epidermis y tejidos adyacentes, lo cual no sería de extrañar, pues las soluciones que producen áreas necróticas en los sitios de aplicación son más rápidamente absorbidas ([43]). Otros autores encuentran poco o ningún efecto de pH ([4, 32-34]).

Thorne ([47]) investigó el efecto de la concentración de la sustancia aplicada, y encontró una relación directa entre el porcentaje absorbido y la dosis durante un período determinado; sin embargo, esta relación tendió a desaparecer con el tiempo. La distribución dentro de la planta del elemento absorbido fue independiente de la concentración. Resultados similares fueron obtenidos por Mederski y Hoff ([31]) quienes trabajaron con Mn.

Koontz y Biddulph ([27]) también encontraron que la cantidad de fósforo transportado fuera de la hoja en que se realizó la aplicación era función de la concentración, pero no en proporción directa. Estos autores creen que el menor transporte de P cuando la dosis aplicada es baja, puede deberse al bajo ritmo de absorción, a un alto porcentaje de retención de P por los tejidos de la hoja o a ambas causas.

5. *Pérdidas de los nutrientes.* Estas pérdidas pueden ser debidas a diferentes causas: *a)* a que parte de la sustancia no alcanza la superficie foliar; *b)* por escurrimiento, sobre todo si las hojas están en

posición vertical; *c)* por volatilización de los nutrientes y *d)* por lixiviación o lavado de la solución por la lluvia (7).

Una lluvia fuerte que caiga dentro de las primeras ocho horas después del tratamiento puede lavar aproximadamente el 90 % del residuo de la cara superior y el 50 % del de la cara inferior de la hoja (7, 11). Aunque los nutrientes lavados no se desperdician, pues caen al suelo y pueden ser absorbidos por las raíces o fijados por el suelo mismo, se habrá perdido una de las principales ventajas de la nutrición foliar que es la de la utilización inmediata de los nutrimentos. En el caso de la urea es posible que se pierda algo del nitrógeno en forma amoniacal debido a la acción de la ureasa, pero no hay datos que indique que estas pérdidas sean serias (11).

La pérdida por lixiviación puede ser producida por diversos mecanismos tales como simple difusión, intercambio iónico con H^+ y CO_3H^- del agua de lluvia, y excreciones glandulares.

6. *Ritmo de absorción.* Los datos obtenidos por diferentes investigadores son muy distintos aún para un mismo elemento y un mismo vegetal. Koontz y Biddulph (27) encontraron en manzano que después de 30 horas se había absorbido alrededor del 50 % del P aplicado por aspersión, mientras que Fisher y Walker (18) sólo hallaron una absorción del 30 % en cuatro días. Wittwer y Teubner (53) citan varios resultados obtenidos por diferentes investigadores que confirman lo errático del ritmo de absorción. Es posible que ello se deba a las diferencias de condiciones bajo las que se realizaron las experiencias.

7. *Edad, posición de la hoja y estado nutricional de la planta.* Se ha comprobado que para la mayor parte de los nutrientes la absorción es mayor por las hojas jóvenes que por las viejas. La traslación por otra parte, es menor desde hojas nuevas que desde viejas (9, 27, 47). Al respecto Koontz y Biddulph (27) han encontrado que la edad y posición de las hojas determinan la cantidad y dirección del flujo transportado desde la hoja tratada. Sus resultados mostraron que las hojas viejas transportaron más que las jóvenes y que la cantidad de P trasladado a la raíz aumentó con la proximidad de los órganos.

El estado fisiológico de la planta también tiene importancia, pues las plantas crecen a un ritmo diferente de acuerdo con la edad y el medio en que habitan, además de que la absorción está relacionada con la actividad metabólica del organismo. Thorne (47) suplió con P

a las raíces y encontró que esto no afectaba ni la cantidad total de P absorbido ni la velocidad inicial, pero suplida la raíz con bajas concentraciones, más fósforo era trasladado que cuando era suplida por altas concentraciones. Wittwer y Teubner [53] y Teubner y col. [44] también encontraron que altos niveles de P en el medio radical disminuyeron el transporte del P absorbido por las hojas. En cambio Cook y Boynton [11] encontraron que plantas con exceso de nitrógeno absorbieron más úrea que las deficientes.

8. *Transporte y redistribución de los nutrientes.* Para lograr una fertilización foliar eficaz es necesario que el nutriente aplicado sea absorbido rápidamente y transportado al lugar requerido. Si la movilidad es limitada, como sucede con ciertos cationes divalentes [4, 8], hay acumulación en los tejidos y la absorción puede disminuir,

Bukovac y Wittwer [8], al estudiar este problema encontraron que Rb, Na y K fueron rápidamente absorbidos y eran muy móviles. El P, Cl y S también fueron absorbidos rápidamente pero su movilidad fue menor. La absorción del Zn, Cu, Mn, Fe y Mo fue más lenta y la movilidad intermedia, decreciendo en el orden apuntado. El Mg. Ca, Sr y Ba fueron poco absorbidos y no movilizados.

9. *Efectos de inhibidores.* Arisz [1], al discutir el efecto de inhibidores metabólicos, dice que una hoja que haya recibido la aplicación de una solución, puede diferenciarse en dos zonas, una que está en contacto directo con la solución y otra (zona libre), a la cual llega la solución posteriormente. En las dos zonas puede ser acumulado el soluto, pero sólo en la primera es absorbido por el citoplasma. El efecto de inhibidores metabólicos como el CNK sobre la utilización de nutrimentos aplicados a las hojas, lo ilustra un experimento en el cual se añadió cloruro y cianuro sobre la zona de absorción. En este caso, el cianuro inhibió la absorción y traslación a la zona libre. Cuando el CNK se aplicó en la zona libre no hubo inhibición de la absorción ni de la traslación. Resultados similares han sido obtenidos con arseniato y uranil nitrato.

Técnicas utilizadas en los estudios de absorción foliar

Jyung [26] ha hecho una buena revisión sobre estas técnicas. Según dicha revisión los métodos más empleados son: *a)* asperjar las superficies a tratar [9, 11, 17, 18, 27, 42, 44, 48] ; *b)* pintar las superficies foliares con las soluciones [4, 22, 45, 54, 55] ; *c)* sumersión de las partes a tratar [8, 53] ; *d)* colocar una gota de la solución [4, 27] o varias [44],

la gota puede ser rodeada por un anillo de lanolina ([20]) o plasticina ([10]) para tener la seguridad de que queda en el mismo lugar de aplicación. Además, se han usado inyecciones ([27]), espolvoreos e infiltración al vacío ([10]).

Un aspecto muy interesante de estas técnicas la constituye el lavado de las partes tratadas, con lo cual se procura eliminar la fracción no absorbida, utilizando para ello agua destilada pura o con detergentes, ácidos y sales. Las soluciones son aplicadas en forma de chorro fino o bien se usan para sumergir en ellas la parte tratada.

Otra manera consiste en aplicar una sola gota radiactiva y remover posteriormente un pequeño disco de tejido con la solución no absorbida. Una desventaja de este método es que no se puede considerar la absorción por el tejido removido.

LITERATURA CITADA

1. ARISZ, W. H. "Symplasm theory of salt uptake and transport in parenchymatic tissue". — In Recent Advances in Botany 2: 1125-1128. 1959.
2. BARINOV, G. V. "Comparative rates of entry of P^{32} and Ca^{45} and their solubility in plants following foliar application". — Doklady Botanical Sciences Sections; a translation of Doklady Akademic nauk SSSR 125 (1-6): 88-89. 1959.
3. — & RATNER, E. I. "Some features of the assimilation of sustances through the leaves after foliar application". — Plant Physiology; a translation of Fiziologiya Rastenii 6 (3): 333-340. 1959.
4. BARRIER, G. E. & LOOMIS, W. E. "Absorption and translocation of 2-4-Dichlorophenoxiacetic acid and P^{32} by leaves". — Plant Physiology 32 (3): 225-231. 1957.
5. BENSON, A. A. *et al.* "The path of carbon in photosyntesis. V. Paper chromatography and radioautography of the products". — American Chemical Society Journal 72 (4): 1710-1718. 1950.
6. BIDDULPH, O. "Radioisotopes in plants, foliar entry and distribution. *In* Caldecott, R. S. and Snyder, L. A. A symposium on radioisotopes in the biosphere". — Minneapolis, University of Minnesota, Center for Continuation Study of General Extensión Division, pp. 73-85. 1960.
7. BOYNTON, D. "Nutrition by foliar application". — Annual Review of Plant Physiology 5: 31-54. 1954.
8. BUKOVAC, M. J. & WITTWER, S. H. "Absorption and mobility of foliar applied nutrients". — Plant Physiology 32 (5): 428-435. 1957.
9. CAIN, J. C. "Absorption and metabolism of urea by leaves of coffee, cacao and banana". — American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 67: 279-286. 1956.
10. COLWELL, R. N. "The use of radioactive phosphorus in translocation studies. — American Journal of Botany 29 (10): 798-807. 1942.

11. COOK, J. A. & BOYNTON, D. "Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves". — American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 59: 82-90. 1952.

12. CRAFTS, A. S. "Weed control: applied botany". — American Journal of Botany 43 (7): 548-556. 1956.

13. CURRIER, H. B. & DYBING, C. D. "Foliar penetration of herbicides; review and present status". — Weeds 7 (2): 195-213. 1959.

14. DICKEY, R. O.; DROSDOFF, M. & HAMILTON, J. "Copper deficiency of tung in Florida". — Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin n° 447. 32 p. 1948.

15. DYBING, C. D. & CURRIER, H. B. "A fluorescent dye method for foliar penetration studies". — Weeds 7 (2) : 214-222. 1959.

16. — & CURRIER, H. B. "Foliar penetration by chemicals" — Plant Physiology 36 (2) : 169-174. 1961.

17. EGGERT, R. & KARDOS, L. T. "Further results on the absorption of phosphorus by apple trees". — American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 64 : 47-51. 1954.

18. FISHER, E. G. & WALKER, D. R. "The apparent absorption of phosphorus and magnesium from sprays applied to the lower surface of McIntosh apple leaves". — American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 65 : 17-24. 1955.

19. GUEST, P. L. & CHAPMAN, H. D. "Investigations on the use of iron sprays, dust, and soil application to control iron chlorosis of citrus". — American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 54 : 11-21. 1949.

20. GUSTAFSON, F. G. "Absorption of Co^{60} by leaves of young plants and its translocation trough the plant". — American Journal of Botany 43 (2) : 157-160. 1956.

21. — & SCHLESSINGER, M. J. "Absorption of Co^{60} by leaves of bean plants in the dark". — Plant Physiology 31 (5) : 316-318. 1956.

22. HIGASHIMO, S. & YATAZAWA, M. "The metabolism of phosphorus compounds. I. Utilization of radioactive isotopes. Shiga Agricultural College". — Science report Series 1, n°. 1 : 39-41. 1952. (Original no disponible para examinar; resumen en Chemical Abstracts 50 (9) : 6597 h. 1956).

23. HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. "The Water-culture method for growing plants without soil". — California Agricultural Experiment Station. Circular n°. 347, 32 p. 1950.

24. HRODZINS'KYI, D. M. & HRODZINS'KYI, A. M. "The problem of the effect of light and CO_2 assimilation on the absorption of nutrients sustances by plants". — Ukrainsky Botanichny Zhurnal 17 (2) : 29-38. 1960. (Original no disponible para examinar; resumen en Biological Abstracts 36 (21) : 73, 428, 1961).

25. INDENKO, I. F. "Foliar nutrient application in black currant and the possibility of combining it with fungicide treatment". — Plant Physiology; a translation of Fiziologiya Rastenii 7 (2) : 160-166. 1960.

26. JYUNH, W. H. "Foliar absorption of mineral nutrients with special reference to the use of radioisotopes and the "leaf washing technique". — M. S. Thesis. U. S. Atomic Energy Unclassified Report n° AECU-4433. 45 p. 1959.

27. Koontz, H. & Biddulph, O. "Factors affecting absorption and translocation for foliar applied phosphorus". — Plant Physiology 32 (5) : 463-470. 1957.

28. Labarca, C. "Absorción foliar de fósforo radioactivo en plantas de café". — Tesis M. A. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 53 p. 1960.

29. Leonnard, O. A. "Effect of additives on the herbicidal effectiveness of 2,4-Dichlorophenoxiacetic acid". — Plant Physiology Suppl. 31 : xxi. 1956.

30. Maeda, S. & Kojima, A. "The effect of light on foliar absorption specially on the filtration of the solution into the inter cellular space through the stomata". — Kyushu Daigaku Nogabuku Gakogey Zasshi 17 : 9197 1959. (Original no disponible para examinar; resumen en Chemical Abstracts 57 (4) : 5046 c. 1959).

31. Medersky, H. & Hoff, D. J. "Factors affecting absorption of foliar applied manganese soybean plants". — Agronomy Journal 50 (4) : 175-178. 1958.

32. Orioli, G. A. y Jiménez, S. E. "Absorción del sulfato radioactivo por las hojas". — Fitotecnia Latinoamericana 1 (1) : 37-50. 1964.

33. Orcell, W. H. "The isolation of plant cuticule with pectic enzimes". — Plant Physiology 30 (1) : 78-80. 1958.

34. — & Weintraub, R. L. "Some principles involved in foliar absorption of 2,4-D." — Plant Physiology Suppl. 31 : xxi. 1956.

35. Pallas, J. E. "Effects of temperature and humidity on foliar absorption and translocation of 2,4-Dichlorophenoxiacetic acid and benzoic acid". — Plant Physiology 35 (5) : 575-580, 1960.

36. Parker, E. R. "Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees". — American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 31 : 98-107. 1934.

37. — "Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. II. American Society for Horticultural Sciences". — Proceedings 33 : 82-86. 1936.

38. — "Experiments on the treatment of mottle-leaf of citrus trees. IV. American Society for Horticultural Sciences". — Proceedings 35 : 217-226. 1938.

39. Roberts, E. A., Southwick, M. D. & Palmiter, D. H. "A microchemical examination of McIntosh apple leaves showing relationships of cell wall constituents to penetration of sprays solutions". — Plant Physiology 23 (4) : 557-559. 1948.

40. Scott, F. M. "Internal suberization of plant cuticle in relation to environmental factors and permeability". — Botanical Gazette 117 (1) : 55-72. 1950.

41. Sebioka, H. "Effect of temperatures on the translocation of foliar-applied P^{32} in the sweet potato plant". — Crop Science Society of Japan. Proceedings 29 (2) : 273-275. 1961. (Original no disponible para examinar; resumen en Biological Abstract 36 (21) : 73.540. 1961).

42. Silberstein, O. & Wittwer, S. H. "Foliar application of phosphatic nutrients to vegetable crops. American Society for Horticultural Sciences." — Proceedings 58 : 179-190. 1951.

43. Swanson, G. A. & Whitney, J. B. "Studies on the translocation of foliar applied P^{32} and other radioisotopes in bean plants". — American Journal of Botany 40 (10) : 816-823. 1953.

44. TEUBNER, F. G., WITTWER, S. H., LONG, W. G. & TUKEY, H. B. "Some factors affecting absorption and transport of foliar-applied nutrients as revealed by radioactive isotopes". — Michigan Agricultural Experiment Station. Quarterly Bulletin 39 (3) : 398-415. 1957.

45. THOMPSON, C. C. "Efficiences of wetting agents used in agricultural sprays".— Journal of the Science of Food and Agriculture 9 : 650-657. 1958. (Original no disponible para examinar; resumen en Chemical Abstract 53 (4) : 3586 i. 1959).

46. THORNE, G. N. "The effect of applying a nutrient in leaf sprays on the absorption of same nutrient by roots". — Journal of Experimental Botany 8 (24) : 401-412. 1957.

47. — "Factors affecting uptake of radioactive phosphorus by leaves and its translocation to other parts of the plant". — Annals of Botany 22 (87) : 381-398. 1958.

48. TURREL, F. M. "Citrus leaf stomata: structure, composition and pore size in relation to penetration of liquids". — Botanical Gazette 108 (4) : 476-483. 1947.

49. VOLK, R. & MC AULIFFE, C. "Factors affecting the foliar absorption of N^{15} labeled urea by tobacco". — Soil Science of America. Proceedings 18 (3) : 308-312. 1954.

50. WESTWOOD, M. N. & BATJER, L. P. "Effects of environment and chemical additives on absorption of naphthalenacetic acid by apple leaves".— American Society for Horticultural Sciences. Proceedings 76 : 16-29. 1960.

51. WITTWER, S. H. "Progress report on atomic energy research". — *In* Atomic Energy Congress of the United States, Eighty-fourth Congress, second session, Washington D. C., June 4-8, 1956. Hearings before the special subcommittee on research and development. Washington, D. C., U. S. Goverment Printing Office, 1956. pp 30-50.

52. — "Nutrient uptake with special reference to foliar absorption". — *In* Comar, C. L., ed. Atomic energy and agriculture; a symposium presented at the Atlanta meeting on December 27-29, 1955. Washington. D. C., American Association for the advancement of Science, 1957. pp. 139-164. (AAAS Publication nº 49).

53. — & TEUBNER, F. C. "Foliar absorption of mineral nutrients". — Annual Review of Plant Physiology 10 : 13-32. 1959.

54. YATAZAWA, M. & HIGASHIMO, S. "The metabolism of phosphorus compounds. II. Utilization of radioactive isotopes". — Shiga Agricultural College, Science Reports Serie I, nº 2 : 31-39. 1952. (Original no disponible para examinar; resumen en Chemical Abstracts 50 (9) : 6597 i. 1596).

55. — & TAI, K. "The mechanism of foliar absorption of phosphates. I. Effect of accompanying sugars upon the foliar absorption of phosphate". — Journal of the Science of Soil and Manure 24 : 93-95. 1953. (Original no disponible para examinar; resumen en Chemical Abstracts 48 (3) : 1466 d. 1954).

56. ZUKEL, J. W., SMITH, A. E., STONE, G. M. & DAVIES, M. E. Effects of some factors on rate of absorption of malic hidrazide. Plant Physiology Suppl. 31 : xxi. 1956.